

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有權機關
國際事務局



(43) 國際公開日
2001 年 1 月 25 日 (25.01.2001)

PCT

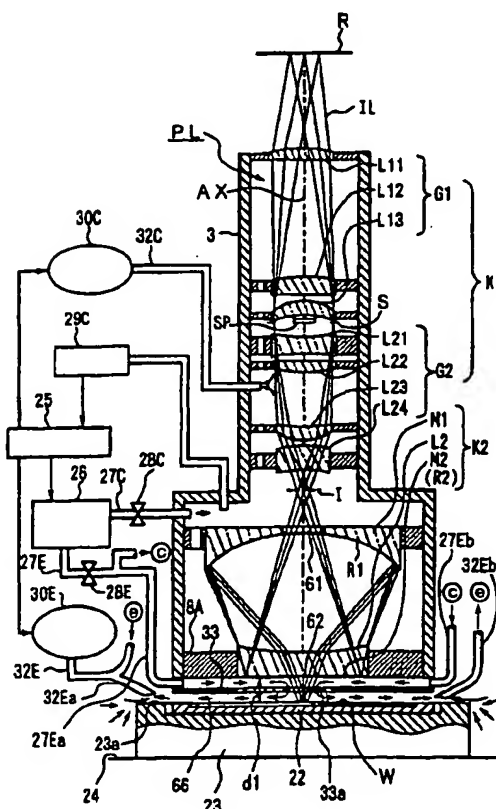
(10) 国際公開番号
WO 01/06548 A1

- | | | |
|--|------------------------------|--|
| (51) 国際特許分類: | H01L 21/027, G03F 7/20 | (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 青木 貴史 (AOKI, Takashi) [JP/JP]. 大和 壮一 (OWA, Soichi) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 富士ビル 株式会社 ニコン 知的財産部内 Tokyo (JP). |
| (21) 国際出願番号: | PCT/JP99/03862 | |
| (22) 国際出願日: | 1999 年 7 月 16 日 (16.07.1999) | |
| (25) 国際出願の言語: | 日本語 | (74) 代理人: 大森 聡 (OMORI, Satoshi); 〒214-0014 神奈川県川崎市多摩区登戸 2075 番 2-501 大森特許事務所 Kanagawa (JP). |
| (26) 国際公開の言語: | 日本語 | |
| (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 富士ビル Tokyo (JP). | | (81) 指定国 (国内): AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LK, LL, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RU, RD, SE, SG, SI, |

〔續葉有〕

(54) Title: EXPOSURE METHOD AND SYSTEM

(54) 発明の名称: 露光方法及び装置



(57) Abstract: An exposure method and an exposure system capable of easily supplying a gas penetrating an exposure beam to between a substrate to be exposed and a projection optical system, wherein an exposure light (IL) passed through a pattern of a reticle (R) is applied onto a wafer (W) via a projection optical system (PL) consisting of a cata-dioptic system to thereby expose a reduced image of reticle (R) pattern onto the wafer (W), a purge guide sheet (33) formed with guide holes (33a) in the vicinity of the center of a visual field is disposed between an optical member (M2) at the tip end of the projection optical system (PL) and the wafer (W) to supply a purge gas penetrating the exposure light (IL) from a gas supply device (26) to a space between the optical member (M2) at the tip end and the purge guide sheet (33), and the purge gas flows down through guide holes (33a) toward the wafer (W) and then flows in an outer-circumferential direction.

〔統葉有〕

WO 01/06548 A1



SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

添付公開書類:
— 国際調査報告書

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

露光対象の基板と投影光学系との間に露光ビームを透過する気体を容易に供給できる露光方法及び装置である。レチクル (R) のパターンを通過した露光光 (I L) を反射屈折系よりなる投影光学系 (P L) を介してウエハ (W) 上に照射することによって、ウエハ (W) 上にレチクル (R) のパターンの縮小像を露光する。投影光学系 (P L) の先端の光学部材 (M 2) とウエハ (W) との間に、視野中心付近にガイド孔 (3 3 a) が形成されたパージガイド板 (3 3) を設置し、気体供給装置 (2 6) からその先端の光学部材 (M 2) とパージガイド板 (3 3) との間の空間に露光光 (I L) を透過するパージガスを供給する。パージガスは、そのガイド孔 (3 3 a) 中をウエハ (W) 側にダウンフローした後、外周方向に流れていく。

明 細 書

露光方法及び装置

5 技術分野

本発明は、例えば半導体素子（CPU、DRAM等）、撮像素子（CCD等）、液晶表示素子、プラズマディスプレイ素子、又は薄膜磁気ヘッド等のデバイスを製造するためのリソグラフィ工程中で、所定のパターンを基板上に転写する際に使用される露光方法及び装置に関し、特に
10 露光ビームとして波長が200nm程度以下の真空紫外光（VUV光）を使用する場合に使用して好適なものである。

背景技術

15 半導体集積回路等を製造する際に使用されるステッパ型、又はステップ・アンド・スキャン方式等の投影露光装置用の露光光として、現在では主にKrFエキシマレーザ光（波長248nm）が使用されており、更にArFエキシマレーザ光（波長193nm）の使用も開始されようとしている。また、半導体素子等の更なる微細化に対応するために、露
20 光光として波長157nmのフッ素レーザ光（F₂レーザ光）を使用する露光装置の開発も検討されている。

ところが、波長がほぼ200nm程度以下の真空紫外域においても、更にF₂レーザ光のように波長が180nm程度以下の光は、通常の大気中に多く含まれている酸素、水、炭酸ガス、有機物、ハロゲン化物等
25 （以下、「吸光物質」と呼ぶ）の分子による吸収量が非常に大きいため、被露光基板としての例えばウエハ上で所望の照度（光量）を得るために

は、その吸光物質の濃度を十分低くして、露光光の光路の透過率を高める必要がある。また、酸素は波長が200nm程度から吸収量が大きくなるため、露光光として真空紫外光を用いた露光装置では、露光光の光路をそれらの吸光物質が殆ど含まれない高純度の窒素ガス等のパージガスで満たす必要がある。

上記の如く露光装置において、露光光の光路に吸光物質の量を大きく低減させたパージガスを供給しようとする場合、照明光学系や投影光学系などは密閉構造にすることが容易であり、パージガスの純度を高く保つことが比較的容易である。その一方で、ウエハステージ部とレチクルステージ部とは、可動部が存在する上に、ウエハやマスクとしてのレチクルの交換が必要であるため、外部とのアクセスを可能にする必要があり、パージガスの純度を高く維持することが容易でない。

特に、ウエハステージは高いスループットを実現するためには、外部とのアクセスを頻繁に行う必要がある。更に、ウエハ上に塗布されているフォトリソは、上記の吸光物質の中でF₂レーザ光を多く吸収する有機物やハロゲン化物を含む脱ガス（アウトガス）を発生すると共に、ウエハステージ近傍に多く設置されているステッピングモータやリニアモータ等を含む可動部材や配線等から継続してオイル等の吸光物質が発生する。これらの悪条件が重なるため、ウエハと投影光学系の先端部との間の空間（以下、「ワーキング・ディスタンス部」と呼ぶ）に高純度のパージガスを満たしておくことは困難であった。

これに関して、ワーキング・ディスタンス部を含むウエハステージの周囲を高純度ガスでパージする方法としては、ウエハステージを壁で覆いその内部の空間（ウエハ室）をパージガスで満たすことも考えられる。しかしながら、この方法では、ウエハを出し入れするためにウエハ室と外部との間に二重扉になった予備室を設け、予備室内でウエハ周囲の空

気をパージガスに置換してからウエハをウエハステージ上にロードする必要がある。これでは、機構が複雑で装置が高価になるばかりでなく、ガス置換に要する時間が長くなり、スループットが低下するという不都合があった。

- 5 また、通常ウエハステージの位置はレーザ干渉計によって計測されているが、レーザ干渉計は計測用のレーザビームの光路の揺らぎによって計測値が変動する恐れがある。これに関して、例えばワーキング・ディスタンス部を含むウエハステージの周囲に高純度のパージガスを供給している場合に、ウエハステージが移動することにより、そのパージガスの
10 の流れの状態が変化して、そのレーザビームの光路の揺らぎが生じ、結果としてウエハステージの位置決め精度が低下する恐れがある。このような位置決め精度の低下量は僅かであるが、今後半導体素子等の集積度が更に向上するにつれて、そのような位置決め精度の低下量も抑制することが望ましい。

- 15 本発明は斯かる点に鑑み、露光対象の基板上での露光ビームの強度を高く維持できる露光方法を提供することを第1の目的とする。

 また、本発明は、露光対象の基板と投影光学系との間に露光ビームを透過する気体を容易に供給できる露光方法を提供することを第2の目的とする。

- 20 更に本発明は、露光対象の基板と投影光学系との間に露光ビームを透過する気体を供給する場合に、露光対象の基板を位置決めするステージの位置決め精度の低下を防止できる露光方法を提供することを第3の目的とする。

- また、本発明はそのような露光方法を実施できる露光装置、及びその
25 露光方法を用いて高いスループットでデバイスを製造できるデバイス製造方法を提供することを第4の目的とする。

発明の開示

本発明による第1の露光方法は、第1物体（R）のパターンを通過した露光ビームで投影光学系（PL）を介して第2物体（W）を露光する
5 露光方法において、前記投影光学系の先端部又は内部から前記第2物体上の露光領域に向けて、前記露光ビームが透過する気体を供給するものである。

斯かる本発明によれば、その第2物体上の露光領域付近の空間に重点的に露光ビームを透過する気体が供給されるため、例えばその第2物体
10 上に感光材料が塗布されており、その感光材料からその露光ビームを吸収する吸光物質が脱ガスとして発生しても、その吸光物質は周辺部に流されて、その露光ビームの光路の透過率は高く維持されると共に、その投影光学系の先端部の光学部材に曇り物質が付着することもない。更に、その露光領域を露光する露光ビームの光路の屈折率分布の一様性も向上
15 する。従って、その投影光学系の結像特性が良好に維持されて、その第2物体上に形成される回路パターンの線幅一様性等が高まると共に、その第2物体上での露光ビームの強度が高くなり、スループットが向上する。

また、例えばその投影光学系の内部からその第2物体上に露光ビーム
20 が透過する気体を供給する場合には、その第2物体とその投影光学系との間に容易にその気体を供給できる。

また、本発明による第2の露光方法は、第1物体（R）のパターンを通過した露光ビームで投影光学系（PL）を介して第2物体（W）を露光する露光方法において、前記投影光学系と前記第2物体との間に前記
25 露光ビームが透過する気体を供給すると共に、前記第2物体を位置決めするステージ（23）の位置に応じて前記気体の流れの状態を制御する

ものである。

斯かる本発明によれば、そのステージの位置が例えば干渉計によって計測されている場合に、そのステージには計測用の光ビームが照射される。この場合、例えばその干渉計の光ビームの光路がその投影光学系に近付いたときに、その光ビームの光路上での揺らぎを抑制するように、その露光ビームを透過する気体の流れを制御することで、そのステージの位置決め精度の低下が防止される。

次に、本発明による第1の露光装置は、第1物体(R)のパターンを通過した露光ビームで投影光学系(PL; PL1)を介して第2物体(W)を露光する露光装置において、前記第2物体と前記投影光学系との間に配置されて前記投影光学系を通過した露光ビームを通過させる開口部(33a; 62A)を備えたガイド部材(33; M4)と、前記ガイド部材の前記開口部を通して前記第2物体側に向けて前記露光ビームが透過する気体を供給する気体供給装置(26)とを有するものである。

この露光装置によって、本発明の第1の露光方法が実施できる。

また、そのガイド部材を、前記投影光学系の最も前記第2物体側の光学部材(M4)で兼用してもよい。この場合には、その投影光学系のワーキング・ディスタンスが短いときでも、容易にその第2物体上にその露光ビームを透過する気体を供給できる。

また、本発明による第2の露光装置は、第1物体(R)のパターンを通過した露光ビームで投影光学系(PL)を介して第2物体(W)を露光する露光装置において、前記第2物体を位置決めするステージ(23)と、前記投影光学系と前記第2物体との間に前記露光ビームが透過する気体を供給する気体供給装置(26)と、前記ステージの位置に応じて前記気体供給装置による前記気体の流れの状態を制御する制御装置(25)とを有するものである。斯かる露光装置によれば、本発明の第2の

露光方法が実施できる。

次に、本発明の第 1 の露光装置の製造方法は、第 1 物体のパターンを通過した露光ビームで投影光学系を介して第 2 物体を露光する露光装置の製造方法において、その投影光学系を配置し、その投影光学系のその
5 第 2 物体側の端部にその投影光学系を通過した露光ビームを通過させる開口部を備えたガイド部材を配置し、そのガイド部材のその開口部を通してその第 2 物体側に向けてその露光ビームが透過する気体を供給する気体供給装置を配置するものである。

また、本発明の第 2 の露光装置の製造方法は、第 1 物体のパターンを
10 通過した露光ビームで投影光学系を介して第 2 物体を露光する露光装置の製造方法において、その投影光学系及びその第 2 物体を位置決めするステージを配置し、その投影光学系とその第 2 物体との間にその露光ビームが透過する気体を供給する気体供給装置を配置し、そのステージの位置に応じてその気体供給装置によるその気体の流れの状態を制御する
15 制御装置を配置するものである。斯かる本発明の第 1 及び第 2 の露光装置の製造方法によって、それぞれ本発明の第 1 及び第 2 の露光装置を効率的に製造することができる。

次に、本発明によるデバイス製造方法は、本発明の露光方法を用いてデバイスパターンをワークピース上に転写する工程を含むものである。
20 本発明の露光方法を用いることによって、高機能のデバイスを高いスループットで量産できる。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態の投影露光装置を示す一部を切り
25 欠いた構成図である。図 2 は、図 1 中の投影光学系 PL からウエハステージ 2 3 までの構成を示す一部を断面とした図である。図 3 は、図 2 の

パーシガイド板 33 を示す平面図である。図 4 は、本発明の第 2 の実施の形態の投影光学系 PL1 からウエハステージ 23 までの構成を示す一部を断面とした図である。図 5 は、その第 2 の実施の形態の変形例を示す一部を断面とした図である。図 6 は、本発明の第 3 の実施の形態の投影光学系 PL からウエハステージ 23 までの構成を示す一部を断面とした図である。図 7 は、図 6 の投影光学系 PL を示す平面図である。図 8 は、その第 3 の実施の形態において、ウエハステージの位置が変化した場合を示す図である。

10 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の好ましい第 1 の実施の形態につき図 1 ～図 3 を参照して説明する。本例は、露光ビームとして真空紫外光を用いるステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置に本発明を適用したものである。

図 1 は、本例の投影露光装置の概略構成を示す一部を切り欠いた構成図であり、この図 1 において、本例の投影露光装置の機構部は照明光学系部 5、レチクル操作部 6、投影光学系 PL 及びウエハ操作部 7 に大きく分かれており、更に照明光学系部 5、レチクル操作部 6、及び投影光学系 PL は、それぞれ箱状の照明系チャンバ 1、レチクル室 2、及び鏡筒 3 の内部に周囲の気体から隔離されて実質的に厳密に密閉された状態で収納されている。また、ウエハ操作部 7 には側面方向から局所的に温度制御された気体が供給されていると共に、ウエハ操作部 7 の中央部でも後述のように所定の気体が供給されている。更に本例の投影露光装置は全体として、内部の気体（例えば清浄化された乾燥空気）の温度が所定の目標範囲内に制御された一つの大きいチャンバ（図示省略）の内部に収納されている。

まず照明光学系部 5 において、露光光源 11 として真空紫外域の波長

1 5 7 nmのパルスレーザ光を発生するF₂レーザ光源が使用されており、露光光源11の射出端が照明系チャンバ1の下部側面に差し込まれている。露光時に露光光源11から照明系チャンバ1内に射出された露光光IL（露光ビーム）は、ミラー12で上方に反射され、振動等による光軸ずれを合わせるための不図示の自動追尾部、及び照明系の断面形状の整形と光量制御とを行うビーム整形光学系13を介してオプティカル・インテグレータ（ホモジナイザー）としてのフライアイレンズ（又はロッドレンズ）14に入射する。フライアイレンズ14の射出面には開口絞り（不図示）が配置され、フライアイレンズ14から射出されてその開口絞りを通過した露光光ILは、ミラー15によってほぼ水平方向に反射されて、リレーレンズ16を介して視野絞り（レチクルブラインド）17に達する。

視野絞り17の配置面は露光対象のレチクルRのパターン面とほぼ共役であり、視野絞り17は、そのパターン面での細長い長方形の照明領域の形状を規定する固定ブラインドと、走査露光の開始時及び終了時に不要な部分への露光を防止するためにその照明領域を閉じる可動ブラインドとを備えている。視野絞り17を通過した露光光ILは、リレーレンズ18、ミラー19、及び照明系チャンバ1の先端部に固定されたコンデンサレンズ系20を介してレチクルRのパターン面上の長方形（スリット状）の照明領域を均一な照度分布で照明する。露光光源11～コンデンサレンズ系20より照明光学系部5が構成され、照明光学系部5内の露光光ILの光路、即ち露光光源11からコンデンサレンズ系20までの光路が照明系チャンバ1によって密閉されている。

露光光ILのもとで、レチクルRの照明領域内のパターンの像が投影光学系PLを介して投影倍率 β （ β は例えば1/4, 1/5等）で、基板としてのフォトリジストが塗布されたウエハ（wafer）W上に投影され

る。ウエハWは例えば半導体（シリコン等）又はSOI (silicon on insulator)等の円板状の基板である。本例のように露光光ILがF₂レーザー光である場合には、透過率の良好な光学硝材は蛍石（CaF₂の結晶）、フッ素や水素等をドーピングした石英ガラス、及びフッ化マグネシウム（MgF₂）等に限られるため、投影光学系を屈折光学部材のみで構成して所望の結像特性（色収差特性等）を得るのは困難である傾向がある。そこで、本例の投影光学系PLは、後述のように屈折光学部材と反射鏡とを組み合わせた反射屈折系である。以下、投影光学系PLの光軸AXに平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面内（本例では水平面）で図1の紙面に平行にX軸を取り、図1の紙面に垂直にY軸を取って説明する。本例のレチクルR上の照明領域はX方向に細長い長方形であり、露光時のレチクルR及びウエハWの走査方向はY方向である。

このとき、レチクルRはレチクルステージ21上に保持され、レチクルステージ21は不図示のレチクルベース上でY方向にレチクルRを連続移動すると共に、X方向、Y方向及び回転方向に同期誤差を低減させるようにレチクルRを微小駆動する。レチクルステージ21の位置及び回転角は不図示のレーザー干渉計によって高精度に計測され、この計測値及び装置全体の動作を統轄制御するコンピュータよりなる主制御系25からの制御情報に基づいてレチクルステージ21が駆動される。レチクルR、レチクルステージ21、及び不図示のレチクルベースやレチクルロード等からレチクル操作部6が構成され、レチクル操作部6内の露光光ILの光路、即ちコンデンサレンズ系20から投影光学系PLまでの光路がレチクル室2によって密閉されている。

また、投影光学系PLが鏡筒3内に密閉されて収納されており、投影光学系PLのレチクル側の光学部材からウエハ側の光学部材までの光路が鏡筒3内に密閉されている。

一方、ウエハWはウエハホルダ22上の凹部よりなる載置面に吸着保持され、ウエハホルダ22はウエハステージ23上の凹部に固定され、ウエハステージ23の表面23aは、ウエハWの表面及びウエハホルダ22の表面と共にほぼ同一平面上に配置されている。これによって、ウエハWの表面を気体が円滑に流れることができる。ウエハステージ23はウエハベース24上でY方向にウエハWを連続移動すると共に、X方向及びY方向にウエハWをステップ移動する。また、ウエハステージ23は、不図示のオートフォーカスセンサ（図1のオートフォーカスセンサ63、64）によって計測されるウエハWの表面の光軸AX方向の位置（フォーカス位置）の情報に基づいて、オートフォーカス方式でウエハWの表面を投影光学系PLの像面に合焦させる。ウエハステージ23のX方向、Y方向の位置、及びX軸の回りの回転角（ピッチング量）、Y軸の回りの回転角（ローリング量）、Z軸の回りの回転角（ヨーイング量）は不図示のレーザ干渉計によって高精度に計測され、この計測値及び主制御系25からの制御情報に基づいてウエハステージ23が駆動される。

ウエハW、ウエハホルダ22、ウエハステージ23、及びウエハベース23からウエハ操作部7が構成され、ウエハ操作部7の+X方向にウエハローダ等（図示省略）が配置されている。

ウエハ操作部7の上部及び投影光学系PLの側面がカバー4で覆われている。ウエハ操作部7の-X方向の側面方向に、送風部52及び除塵用のフィルタ部53が設置され、不図示の気体供給装置から配管51を介して送風部52に温度制御されてオゾンが除去された乾燥空気（ドライエアー）が供給されている。送風部52は主制御系25からの制御情報に応じた流量で、フィルタ部53を介してカバー4下のウエハ操作部7の周囲にその乾燥空気を送風する。これによって、ウエハ操作部7の

温度はほぼ所定の目標温度に維持される。また、カバー 4 の + X 方向の側面は開放部 5 4 となっているため、この開放部 5 4 を通してウエハ W の交換を容易に行うことができる。なお、送風部 5 2 からウエハ操作部 7 側に供給する気体として、露光光 I L に対する透過率の高い不活性な
5 気体（例えばヘリウムガス等の希ガス、又は窒素ガス等）を供給するようにしてもよい。

なお、本例の投影露光装置が全体として収納されているチャンバ内で、例えばダウンフローによって塵や化学物質等が除去された乾燥空気等を連続的に流すような構成が採用されている場合には、ウエハ操作部 7 の
10 温度はかなりの程度まで安定化される。そこで、そのような場合には、ウエハ操作部 7 の周囲に局所的に乾燥空気等を供給するためのカバー 4、送風部 5 2、及びフィルタ部 5 3 を配置しないようにしてもよい。

露光時には、ウエハ W 上の露光対象のショット領域を投影光学系 P L の露光領域の手前にステップ移動させる動作と、レチクルステージ 2 1
15 を介して露光光 I L の照明領域に対してレチクル R を Y 方向に一定速度 V R で走査するのに同期して、ウエハステージ 2 3 を介して一定速度 $\beta \cdot V R$ (β は投影光学系 P L の投影倍率) でウエハ W を Y 方向に走査する動作とがステップ・アンド・スキャン方式で繰り返されて、ウエハ W 上の各ショット領域に順次レチクル R のパターンの縮小像が転写される。

さて、本例の露光光 I L は波長 157 nm の真空紫外光であるため、その露光光 I L に対するオゾンが除去された通常の空気中の吸光物質としては、酸素 (O_2)、水 (水蒸気: H_2O)、炭酸ガス (二酸化炭素: CO_2)、有機物、及びハロゲン化物等がある。一方、その露光光 I L が透過する気体 (吸収の殆ど無い物質) としては、窒素ガス (N_2) の他に
20 ヘリウム (He)、ネオン (Ne)、アルゴン (Ar)、クリプトン (Kr)、キセノン (Xe)、ラドン (Rn) よりなる希ガスがある。

その窒素ガス及び希ガスをまとめて「不活性ガス」と呼ぶ。

また、窒素ガスは波長が150 nm程度以下の光に対しては吸光物質として作用するようになるが、ヘリウムガスは波長100 nm程度まで透過性の気体として使用することができる。更に、ヘリウムガスは熱伝導率が窒素ガスの約6倍であり、気圧変化に対する屈折率の変動量が窒素ガスの約1/8であるため、特に高透過率と光学系の結像特性の安定性や冷却性とで優れている。しかしながら、ヘリウムガスは高価であるため、露光ビームの波長がF₂レーザのように150 nm以上であれば、運転コストを低減させるためにはその透過性の気体として窒素ガスを使用するようにしてもよい。本例では、結像特性の安定性や冷却性等の観点より、その露光光ILが透過性する気体（以下、「パージガス」と呼ぶ）としてヘリウムガスを使用するものとする。

本例の照明系チャンバ1、レチクル室2及び鏡筒3の内部には、配管32A等を介して内部の吸光物質を含む気体を排気するための真空ポンプ30A、30B及び30Cが接続されている。また、例えば本例の投影露光装置の全体が収納されているチャンバ（不図示）の外部に設置された気体供給装置26内のポンベに、パージガスとしてのヘリウムガスが高純度の状態で圧搾されて、又は液化されて貯蔵されている。そして、必要に応じてそのポンベから取り出されたヘリウムガスが所定圧力で所定温度に制御されて、電磁的に開閉できるバルブ28A、28B、28Cが取り付けられた配管27A、27B、27Cを介して照明系チャンバ1、レチクル室2及び鏡筒3の内部に供給されるように構成されている。

更に、照明系チャンバ1、レチクル室2及び鏡筒3の内部に配管31A等を介して吸光物質の濃度を計測するための濃度センサ29A、29B及び29Cが接続され、濃度センサ29A～29Cの計測値が主制御

系 25 に供給されている。濃度センサ 29 A ~ 29 C としては、酸素濃度計、水蒸気の濃度計としての露点計、及び二酸化炭素のセンサ等を組み合わせた複合センサ等を使用することができる。主制御系 25 は、その濃度センサ 29 A, 29 B 又は 29 C で計測される所定の吸光物質

- 5 (本例では酸素、水蒸気及び二酸化炭素) の濃度が予め設定されている許容濃度を越えたときに、それぞれバルブ 28 A, 28 B 又は 28 C が閉じられている状態で真空ポンプ 30 A, 30 B 又は 30 C を動作させて照明系チャンバ 1、レチクル室 2 又は鏡筒 3 の内部の気体及び吸光物質を排気する。主制御系 25 はその後、バルブ 28 A, 28 B 又は 28 C を開いて、気体供給装置 26 を動作させて配管 27 A ~ 27 C を介して照明系チャンバ 1、レチクル室 2 又は鏡筒 3 の内部に、高純度の所定温度のバージガスを所定圧力 (通常は 1 気圧) まで供給する。これによって、照明系チャンバ 1、レチクル室 2 又は鏡筒 3 の内部の気圧は外気と実質的に等しくなる。その後、バルブ 28 A, 28 B 又は 28 C が閉
- 10 じられるが、この動作から所定期間が経過するまでは対応する照明系チャンバ 1、レチクル室 2 又は鏡筒 3 の内部の吸光物質の濃度はそれぞれ上記の許容濃度以下となっている。

- 更に、本例の投影光学系 PL の先端部の光学部材とウエハ W との間のワーキング・ディスタンス部には、本発明のガイド部材としての中央部に開口部が形成されたバージガイド板 33 が設置され、投影光学系 PL
- 20 の先端部とバージガイド板 33 との間に、気体供給装置 26 から開閉自在のバルブ 28 E 付きの配管 27 E に通じる給気管が配置され、バージガイド板 33 とウエハ W との間の空間の外側に配置された複数の排気管がカバー 4 を通して配管 32 E に連結され、配管 32 E が真空ポンプ 30 E に接続されている。また、バージガイド板 33 の外周部の近傍に配置された配管 55 がカバー 4 を通して濃度センサ 29 E (濃度センサ 2
- 25

9 Aと同じ構成である)に接続されており、主制御系25は、濃度センサ29Eの計測値等に基づいて気体供給装置26によるパージガイド板33側へのパージガスの供給量、及び真空ポンプ29Eによる排気量を制御する。なお、本例では真空ポンプ29Eによるパージガス及び空気
5の排気動作を省略することが可能であり、常時排気動作を行わない場合には真空ポンプ29E等を含む排気系を備えなくともよい。

以下、投影光学系PLとウエハWとの間にパージガスを供給するための機構につき図2及び図3を参照して詳細に説明する。なお、図2以降において、図1中のカバー4は図示省略している。

10 図2は、図1中の投影光学系PLからウエハステージ23までの内部構成を示す断面図であり、この図2において、本例の反射屈折光学系からなる投影光学系PLは、レチクルRのパターンの一次像(中間像)Iを形成するための第1結像光学系K1と、一次像Iからの光に基づいてレチクルパターンの二次像を縮小倍率で感光性基板としてのウエハW上
15に形成するための第2結像光学系K2とから構成されている。

第1結像光学系K1は、レチクル側から順に正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、開口絞りSと、正の屈折力を有する第2レンズ群G2とから構成されている。第1レンズ群G1は、レチクル側から順に、レチクル側に非球面形状の凸面を向けた正メニスカスレンズL11と、レチクル側に非球面形状の凸面を向けた正メニスカスレンズL12と、ウエハ側に非球面形状の凹面を向けた正メニスカスレンズL13とから構成されている。また、第2レンズ群G2は、レチクル側から順に、レチクル側の面が非球面形状に形成された両凹レンズL21と、レチクル側の面が非球面形状に形成された両凸レンズL22と、ウエハ側に非球面形状の凸面を向けた正メニスカスレンズL23と、ウエハ側に非球面形状の凹面を向けた正メニスカスレンズL24とから構成されている。更
25

に、光軸A Xの方向において開口絞りSと所定間隔だけ離れた位置に、光軸A X近傍の光を遮光するための円形の中心遮蔽部材S Pが配置されている。

一方、第2結像光学系K 2は、レチクル側から順にウエハ側に凹面を
5 向けた表面反射面R 1を有し且つ中央に開口部（光通過部）6 1を有する主鏡M 1と、レンズ成分L 2と、そのウエハ側のレンズ面上に設けられ且つ中央に開口部6 2を有する反射面R 2を備えた副鏡M 2とから構成されている。即ち、別の観点によれば、副鏡M 2とレンズ成分L 2とは裏面反射鏡を構成し、レンズ成分L 2は裏面反射鏡の屈折部を構成し
10 ている。この場合、第1結像光学系K 1の結像倍率を $\beta 1$ 、第2結像光学系K 2の結像倍率を $\beta 2$ とすると、一例として $0.7 < |\beta 1 / \beta 2| < 3.5$ の関係が満足されることが望ましい。

また、投影光学系P Lを構成する全ての光学要素（G 1，G 2，M 1，M 2）は単一の光軸A Xに沿って配置されている。また、主鏡M 1は一次像Iの形成位置の近傍に配置され、副鏡M 2はウエハWに近接して配置されている。
15

こうして本例においては、レチクルRのパターンからの光が、第1結像光学系K 1を介して、レチクルパターンの一次像（中間像）Iを形成し、一次像Iからの光は、主鏡M 1の中央の開口部6 1及びレンズ成分L 2を介して主鏡M 1で反射される。そして、主鏡M 1で反射された光は、レンズ成分L 2及び副鏡M 2の中央の開口部6 2を介してウエハWの表面にレチクルパターンの二次像を縮小倍率で形成する。図2の例では、第1結像光学系K 1の結像倍率 $\beta 1$ は0.6249、第2結像光学系K 2の結像倍率 $\beta 2$ は0.4000であり、レチクルRからウエハW
20 に対する投影倍率 β は0.25（1/4倍）となっている。

本例において、投影光学系P Lを構成する全ての屈折光学部材（レン

ズ成分)には蛍石 (CaF_2 の結晶) を使用している。また、露光ビームとしての F_2 レーザ光の発振中心波長は 157.6 nm であり、波長幅が $157.6 \text{ nm} \pm 10 \text{ pm}$ の光に対して色収差が補正されていると共に、球面収差、非点収差、及び歪曲収差などの諸収差も良好に補正されている。更に、温度変化に対する主鏡 $M1$ の反射面の面変化を抑えて良好な結像性能を維持するために、主鏡 $M1$ の反射面 $R1$ を支持する支持部材を、線膨張率 $3 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 以下の物質、例えばチタン珪酸ガラス (Titanium Silicate Glass) を用いて形成している。チタン珪酸ガラスとしては、例えばコーニング社の ULE (Ultra Low Expansion: 商品名) が使用できる。

本例の投影光学系 PL は、反射屈折光学系を構成する全ての光学要素が単一の光軸に沿って配置されているため、反射部材を用いて色収差等を低減できる上に、従来の直筒型の屈折系の延長線上の技術により鏡筒設計及び製造を行うことが可能になり、製造の困難性を伴うことなく高精度化を図ることができる。

そして、本例では第1結像光学系 $K1$ 及び第2結像光学系 $K2$ を単一の鏡筒3内に密閉された状態で支持している。即ち、レンズ $L11 \sim L24$ 、主鏡 $M1$ 、及びレンズ成分 $L2$ (副鏡 $M2$) はそれぞれレンズ枠を介して鏡筒3内に保持され、レンズ $L12$ から主鏡 $M1$ までの光学部材用のレンズ枠にはそれぞれ気体を通過させるための通気孔が形成され、最上段のレンズ $L11$ のレンズ枠、及び最下段 (先端部) のレンズ成分 $L2$ (副鏡 $M2$) のレンズ枠8Aはそれぞれ密閉されている。

また、図1を参照して説明したように、鏡筒3の内部には濃度センサ29Cにつながる配管、真空ポンプ30Cにつながる配管32C、及び気体供給装置26につながる配管27Cが接続され、これらの部材によって鏡筒3の内部には高純度のパージガスが満たされている。

本例のワーキング・ディスタンス部の間隔、即ち投影光学系P Lの先端の光学部材である副鏡M 2とウエハWとの間隔d 1は、1 0 mm程度であり、そのワーキング・ディスタンス部のほぼ中間位置に厚さが1 m m程度のパージガイド板3 3が設置され、パージガイド板3 3の中央部
5 (本例では光軸A Xを中心とする視野中心付近)にウエハWに入射する露光光I L (結像光束)を通過させるための開口部としての円形のガイド孔3 3 aが形成されている。ガイド孔3 3 aは、露光ビームとしての結像光束(露光光I L)を通過させる開口部、及びパージガスを通過させる開口部として使用される。

10 また、パージガイド板3 3の外周部から鏡筒3の側面にかけての部分は密閉され、その部分に光軸A Xを挟んで対向するように2つの給気管2 7 E a及び2 7 E bが配置され、給気管2 7 E a, 2 7 E bはバルブ2 8 E付きの配管2 7 Eを介して気体供給装置2 6に接続されている。従って、副鏡M 2 (レンズ成分L 2)とパージガイド板3 3との間の空間は、ガイド孔3 3 aを除けば密閉された構造になっている。そして、
15 パージガイド板3 3とウエハWとの間の空間の側面部の近傍に複数の排気管3 2 E a, 3 2 E bが設置され、排気管3 2 E a, 3 2 E bが配管3 2 Eを介して真空ポンプ3 0 Eに接続されている。

実際には、図2のパージガイド板3 3の平面図である図3に示すよう
20 に、パージガイド板3 3の外周部に8個の排気管3 2 E a~3 2 E hがほぼ等角度間隔で配置され、排気管3 2 E a~3 2 E hがそれぞれ図2の配管3 2 Eを介して真空ポンプ3 0 Eに接続されている。また、図3に示すように、排気管3 2 E a~3 2 E hと機械的に干渉しないように、ウエハの表面の複数の計測点に照明光6 5によってスリット像を投影する
25 投射光学系6 3と、それらのスリット像からの反射光を受光して各計測点のフォーカス位置情報を含むフォーカス信号を生成する集光光学系

6 4 とからなるオートフォーカスセンサ 6 3, 6 4 が配置されている。

図 2 に戻り、給気管 2 7 E a, 2 7 E b に関しても、2 箇所のみならず、パージガイド板 3 3 の周囲にほぼ等角度間隔で 3 箇所以上の複数箇所に給気管を配置するようにしてもよい。

- 5 本例では、パージガスを供給する第 1 の方法として、露光中にはバルブ 2 8 E を開状態として、気体供給装置 2 6 から配管 2 7 E 及び給気管 2 7 E a, 2 7 E b を介して投影光学系 P L の先端部とパージガイド板 3 3 との間に中心部に向けて、露光光 I L を透過する気体としての高純度のパージガス（本例ではヘリウムガス）を連続的に供給する。その一
10 方で、真空ポンプ 3 0 E によるパージガス等の吸引動作は行わないものとする。そして、図 1 の濃度センサ 2 9 E による吸光物質の濃度の計測値が増大しているような場合には、パージガスの供給量を増大させる。

- この場合、給気管 2 7 E a, 2 7 E b から投影光学系 P L の先端部とパージガイド板 3 3 との間の空間に導入された高純度のパージガスは、
15 その空間を視野中心であるガイド孔 3 3 a の中心に向かって流れた後、ガイド孔 3 3 a の内部をウエハ側（露光光 I L の進行方向と同じ方向）に向かって流れる。このガイド孔 3 3 a の内部でのパージガスの流れを「ダウフロー」と呼ぶ。このようにダウフローしたパージガスは、パージガイド板 3 3 とウエハ W との間の空間に流出した後、矢印 6 6 で
20 示すように露光部（中心部）から外側に向かって流れ出す。

- このパージガスの流れの過程で、ウエハ W から発生する吸光物質を含む脱ガス、特にウエハ W 上に塗布されたフォトレジストからの脱ガスの通常の拡散方向（投影光学系 P L に向かう方向）と反対向きのパージガスのダウフローが生じている。その結果、そのウエハ W からの脱ガス
25 がパージガイド板 3 3 の上部の空間に逆流することが殆ど防止されて、その脱ガスはパージガスのダウフローに引き込まれるように視野中心

から周辺部へと流れ去られることになる。以下、ウエハWから発生する脱ガス、特にウエハW上に塗布されたフォトリジストからの脱ガスを含むパージガスを「吸光物質を含むガス」と呼ぶ。

5 このように本例では、その吸光物質を含むガスのダウンフローによって、ウエハWからの脱ガスが投影光学系PLの先端の光学部材に付着することによる透過率の低下を抑制することができる。また、脱ガス中に含まれる吸光物質を排気することで、露光光IL（結像光束）の一様性を保つことができ、投影光学系PLの結像特性を高く維持でき、ひいてはウエハW上に形成される回路パターンの線幅均一性を高めることができ、
10 できると共に、十分な光量をウエハWの露光面上に到達させることができ、露光工程のスループットを高めることができる。

 更に、本例ではパージガイド板33は平面であると共に、その上の投影光学系PLの先端の光学部材（副鏡M2）の底面及びレンズ枠8Aの底面は、パージガイド板33に平行なほぼ同一平面上に位置している。
15 更に、パージガイド板33の下方のウエハステージ23の上面23a、ウエハホルダ22の上面、及びウエハWの露光面はパージガイド板33に平行なほぼ同一平面上に位置している。従って、パージガスはパージガイド板33の上部及び下部の空間を極めて円滑に流れることができ、吸光物質が効率的に外周部側に排出される。

20 次に、パージガスを供給する第2の方法として、露光中に気体供給装置26から給気管27Ea、27Ebを介して投影光学系PLの先端部とパージガイド板33との間に中心部に向けて、高純度のパージガスを連続的に供給する動作と並行して、真空ポンプ30Eによって配管32E及び排気管32Ea～32Eh（図3参照）を介して連続的に気体を
25 吸引する。そして、図1の濃度センサ29Eによる吸光物質の濃度の計測値が増大しているような場合には、パージガスの供給量及び気体の吸

引量を増大させる。本例においては、外側に流れ出したパージガスの大部分及び外側を流れている乾燥空気は、排気管 3 2 E a ~ 3 2 E h を介して真空ポンプ 3 0 E によって吸引される。従って、パージガイド板 3 3 とウエハ W との間の空間を流れる吸光物質を含むガスが、ウエハステージ 2 3 の外周部から外部空間へと漏れ出すことを防ぐことができる。

この場合、そのガスの排気管 3 2 E a ~ 3 2 E h におけるガスの排出率（単位時間当たりに吸い取るガスの体積）をパージガスの給気管 2 7 E a, 2 7 E b におけるガスの供給率（単位時間当たりに吹き出すガスの体積）より大きく設定することが望ましい。これによって、吸光物質を含むガスだけでなくウエハステージ 2 3 の近傍の雰囲気（本例では乾燥空気）を吸引することになる。この雰囲気の流れは、通常はウエハステージ 2 3 から露光領域方向（高純度のパージガスのダウンフローの中心部）へと向かう流れである。このため、不純物を含んだガスがウエハステージ 2 3 の上部から外部空間へと流れ出すのが妨げられることになり、ウエハステージ 2 3 の外周部の雰囲気における屈折率の変化を極力低減することが可能となる。これによって、ウエハステージ 2 3 の位置を計測するレーザ干渉計のレーザビームの光路の揺らぎが小さくなり、ウエハステージ 2 3 の位置決め精度が向上する。また、オートフォーカスセンサ 6 3, 6 4 のフォーカス位置の計測精度も向上する。

本実施の形態のように、外部雰囲気を乱すことなくウエハステージ 2 3 上の高純度のパージガスの流れを実現することで、効率よくウエハ上の露光部の周辺に重点的に高純度のパージガスを供給することが可能となる。同時に、高純度のパージガスとウエハステージ 2 3 の周囲の雰囲気との混合による屈折率の変動によって、ウエハステージ 2 3 の位置決めを行う干渉計やオートフォーカスセンサ 6 3, 6 4 に生じる検出誤差をより少なくすることが可能となる。

また、上記の実施の形態において、図1の不図示のレチクルベース上にレチクルステージ21をエアーベアリングを介して載置し、ウエハベース24上にウエハステージ23をエアーベアリングを介して載置する場合の緩衝用の気体として、照明系チャンバ1、レチクル室2、投影光学系PLの鏡筒3の内部の空間、及びウエハWの上面の空間の少なくとも1箇所に供給されるヘリウムガス（又は窒素ガス等）を一度回収したものを用いることが望ましい。この場合、それらのステージに供給されるヘリウムガス等には、様々な不純物が混在している可能性があるため、酸素、水、炭酸ガス、有機物、ハロゲン化物等を除去する各種フィルタを通した後に再供給するとよい。

次に、本発明の第2の実施の形態につき図4を参照して説明する。図4において、図1及び図2に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。

図4は、本例の投影露光装置の投影光学系PL1からウエハステージ23までの構成を示す断面図であり、この図4において、露光光ILとして真空紫外光であるF₂レーザ光が使用されている。そして、本例の反射屈折光学系からなる投影光学系PL1も、レチクルRのパターンの中間像（一次像）を形成するための屈折型の第1結像光学系K1と、その中間像からの光に基づいてレチクルパターンの最終像を縮小倍率で感光性基板としてのウエハW上に形成するための反射屈折型の第2結像光学系K2とから構成されている。

第1結像光学系K1は、レチクル側から順に正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、開口絞りSと、正の屈折力を有する第2レンズ群G2とから構成されている。第1レンズ群G1は、レチクル側から順に、レチクル側に非球面形状の凸面を向けたメニスカスレンズL31と、レチクル側に非球面形状の凸面を向けた両凸レンズL32と、ウエハ側に非

球面形状の凹面を向けたメニスカスレンズL 3 3と、レチクル側に非球面形状の凸面を向けたメニスカスレンズL 3 4とから構成されている。
また、第2レンズ群G 2は、レチクル側から順に、レチクル側に非球面形状の凸面を向けたメニスカスレンズL 4 1と、ウエハ側に非球面形状の凸面を向けた両凸レンズL 4 2と、ウエハ側に非球面形状の凹面を向けたメニスカスレンズL 4 3とから構成されている。更に、光軸AX 1
5 の方向において開口絞りSとは所定間隔だけ異なる位置に、光軸AX 1近傍の光を遮光する中心遮蔽部材SPが配置されている。

一方、第2結像光学系K 2は、レチクル側から順に、中央部に開口部
10 （光通過部）6 1 Aを有しウエハ側に凹面を向けた負屈折力の反射面R 3を持つ主鏡M 3と、レンズ成分L 4と、中央部に開口部6 2 Aを有する反射面R 4を備えた副鏡M 4とから構成されている。レンズ成分L 4は、ウエハ側に非球面形状の凹面を向けた負メニスカスレンズである。
即ち、投影光学系PL 1を構成する全ての光学要素（G 1, G 2, M 3, L 4, M 4）は単一の光軸AX 1に沿って配置されている。また、主鏡M 3は中間像の形成位置の近傍に配置され、副鏡M 4はウエハWに近接して配置されている。本例では、レチクルRのパターンからの露光光I
15 L（結像光束）は、第1結像光学系K 1によって中間像を形成し、その中間像からの結像光束は、主鏡M 3の開口部6 1 Aを通過して、レンズ成分L 4を経て副鏡M 4の上面の反射面R 4で反射された後、レンズ成分L 4を経て主鏡M 4の反射面R 3で反射されて、再びレンズ成分L 2
20 及び副鏡M 4の開口部6 2 Aを通過してウエハW上に入射する。

そして、本例では第1結像光学系K 1及び第2結像光学系K 2のレンズ成分L 4までを単一の鏡筒3 A内に密閉された状態で支持している。
25 即ち、レンズL 3 1～L 4 3、主鏡M 3、レンズ成分L 4及び副鏡M 4はそれぞれレンズ枠を介して鏡筒3 A内に保持され、レンズL 3 2から

主鏡M 3までの光学部材用のレンズ枠にはそれぞれ気体を通過させるための通気孔が形成され、最上段のレンズL 3 1のレンズ枠、及び最下段（先端部）のレンズ成分L 4及び副鏡M 4のレンズ枠8 B, 8 Cはそれぞれ密閉されている。

5 また、第1の実施の形態と同様に、鏡筒3 Aの主鏡M 4を含む空間の内部には濃度センサ2 9 Cにつながる配管、真空ポンプ3 0 Cにつながる配管3 2 C、及び気体供給装置2 6につながる配管2 7 Cが接続され、これらの部材によって主鏡M 4を含む空間の内部には高純度のパージガスが満たされている。

10 また、レンズ成分L 4と副鏡M 4との間の鏡筒3 Aの側面に、光軸A X 1を挟んで対向するように2つの給気管2 7 E a及び2 7 E bが配置され、給気管2 7 E a, 2 7 E bは配管2 7 Eを介して気体供給装置2 6に接続されている。従って、副鏡M 4とレンズ成分L 4との間の空間は、開口部6 2 Aを除けば密閉された構造になっており、本例では副鏡
15 M 4に第1の実施の形態におけるパージガイド板3 3を兼用させる。従って、開口部6 2 Aは、第1の実施の形態におけるガイド孔3 3 aを兼用していることになる。

 また、副鏡M 4とウエハWとの間の空間の側面部の近傍に複数の排気管3 2 E a, 3 2 E bが設置され、排気管3 2 E a, 3 2 E bが配管3
20 2 Eを介して真空ポンプ3 0 Eに接続されている。本例でも、排気管3 2 E a, 3 2 E bは実際には等角度間隔で例えば8個配置されている。これ以外の構成は、図1の第1の実施の形態と同様である。

 本例では、ウエハWの露光領域付近にパージガスを供給するために、露光中に気体供給装置2 6から給気管2 7 E a, 2 7 E bを介して投影
25 光学系P L 1中のレンズ成分L 4と副鏡M 4との間に中心部に向けて、高純度のパージガスを連続的に供給する動作と並行して、真空ポンプ3

0 Eによって配管 3 2 E 及び排気管 3 2 E a, 3 2 E b を介して連続的に気体を吸引する。即ち、本例のように投影光学系 P L 1 の先端部の光学部材（副鏡 M 4）の開口部 6 2 A が形成されている場合には、あえてパージガイド板を設置する必要はなく、レンズ成分 L 4 と副鏡 M 4 との間を高純度のパージガスで充填し、更に加圧することで、高純度のパージガスは矢印 6 7 で示すようにウエハ W に向かってダウンフローを起こし、第 1 の実施の形態と同様に吸光物質はそのパージガスと共に外周部に流されることになる。

また、本例では、投影光学系 P L 1 の先端の光学部材（副鏡 M 4）とウエハ W との間のワーキング・ディスタンス部の間隔 d 2 が狭い場合でも、高純度のパージガスをウエハ W に向かうダウンフローの形で供給することができる。

更に、吸光物質を含むガスを吸引する排気管 3 2 E a, 3 2 E b を設置することで、吸光物質を含むガスのウエハステージ 2 3 の外周部への拡散量を低減することが可能となり、ウエハステージ 2 3 の位置決め精度やオートフォーカスセンサの計測精度が向上する。

この第 2 の実施の形態の変形例につき図 5 を参照して説明する。図 4 に対応する部分に同一符号を付した図 5 において、本例の投影光学系 P L 2 は、図 4 の投影光学系 P L 1 に対して、第 2 結像光学系 K 2 を開口 6 1 B を持つ主鏡 M 5 及び開口 6 2 B を持つ副鏡 M 6 から構成した点が異なっている。この構成において、中間像からの結像光束は、主鏡 M 5 の開口部 6 1 B、副鏡 M 6 の反射面 R 6、主鏡 M 5 の反射面 R 5、副鏡 M 6 の開口部 6 2 B を経てウエハ W 上に入射する。

また、本変形例では、主鏡 M 5 と副鏡 M 6 との間の鏡筒 3 A の側面に、光軸 A X 1 を挟んで対向するように 2 つの給気管 2 7 E a 及び 2 7 E b が配置され、給気管 2 7 E a, 2 7 E b は配管 2 7 E を介して気体供給

装置 26 に接続されている。これ以外の構成は図 4 の実施の形態と同様である。

この変形例では、ウエハ W の露光領域付近にパージガスを供給するために、露光中に気体供給装置 26 から給気管 27 E a, 27 E b を介して投影光学系 P L 1 中の主鏡 M 5 と副鏡 M 6 との間に中心部に向けて、
5 高純度のパージガスを連続的に供給する動作と並行して、真空ポンプ 30 E によって配管 32 E 及び排気管 32 E a, 32 E b を介して連続的に気体を吸引する。即ち、本変形例のように投影光学系 P L 2 の先端部の光学部材（副鏡 M 4）の開口部 62 B が形成されている場合にも、あ
10 えてパージガイド板を設置する必要はなく、主鏡 M 5 と副鏡 M 6 との間を高純度のパージガスで充填し、更に加圧することで、高純度のパージガスは矢印 68 で示すようにウエハ W に向かってダウンフローを起こし、図 4 の実施の形態と同様に吸光物質はそのパージガスと共に外周部に流
されることになる。

15 次に、本発明の第 3 の実施の形態につき図 6 ～図 8 を参照して説明する。図 6 ～図 8 において、図 1 及び図 2 に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。

図 6 は、本例の投影露光装置の投影光学系 P L からウエハステージ 23 までの構成を示す断面図であり、この図 6 において、ウエハステージ
20 23 の + X 方向の側面の反射面（移動鏡でもよい）23 x にレーザ干渉計 44 から計測用のレーザビーム L B x が照射されている。レーザビーム L B x は実際には例えば 3 軸以上の複数軸のレーザビームであり、レーザ干渉計 44 はそのレーザビーム L B x と不図示の参照ビームとの干渉光を受光することによって、ウエハステージ 23 の X 座標、Y 軸の回
25 りの回転角（ローリング量）、及び Z 軸の回りの回転角（ヨーイング量）を計測し、計測値を主制御系 25 に供給する。同様に、ウエハステージ

2 3 の Y 方向の側面の反射面にレーザビームを照射するレーザ干渉計
(不図示) も配置されており、このレーザ干渉計によってウエハステー
ジ 2 3 の Y 座標、及び X 軸の回りの回転角 (ピッチング量) が計測され、
これらの計測値に基づいて主制御系 2 5 は、不図示のウエハステージ駆
5 動系を介してウエハステージ 2 3 の位置、移動速度、及び回転角を制御
している。

また、本例では投影光学系 P L の先端部である副鏡 M 2 とウエハ W と
の間のワーキング・ディスタンス部には、図 2 のパージガイド板 3 3 は
設置されていない。このため、そのワーキング・ディスタンス部の - X
10 方向の側面に、配管 2 7 E を介して気体供給装置 2 6 に接続されている
給気管 4 1 が配置され、そのワーキング・ディスタンス部の + X 方向の
側面に配管 3 2 E を介して真空ポンプ 3 0 E に接続されている排気管 4
2 が配置されている。給気管 4 1 と排気管 4 2 とはウエハ W 上の露光領
域の中心 (本例では光軸 A X に合致する) に関して対称に配置されてい
15 る。更に、排気管 4 2 と接続される配管 3 2 E の先端部は可撓性を有す
る構造となっており、投影光学系 P L の下部側面の近傍に排気管 4 2 を
上下 (Z 方向) にシフトさせるためのスライド装置 4 3 が配置されてい
る。

図 7 は、図 6 の投影光学系 P L の平面図であり、この図 7 において、
20 給気管 4 1 は先端部 (給気口) が副鏡 M 2 の幅程度以上、即ちウエハ上
の露光領域の幅以上に広がり、排気管 4 1 の先端部 (排気口) はその給
気口とほぼ同じか、又は僅かに広い幅に広がっている。これによって、
給気管 4 1 から供給されたパージガスは、大部分が矢印 6 9 で示すよう
に排気管 4 2 に流れ込む。また、給気管 4 1 及び排気管 4 2 は、X 軸
25 (Y 軸) に対してほぼ 45° で交差する方向に沿って、即ち図 6 のウエ
ハステージ 2 3 の上面の対角線方向に沿って配置されている。これによ

って、パージガスを供給した場合でも、レーザ干渉計 4 4 のレーザビーム L B x 等の光路の揺らぎが小さくなり、ウエハステージ 2 3 の位置決め精度等が向上する利点がある。

図 6 に戻り、本例ではウエハステージ 2 3 の上面の全体がほぼ給気管 4 1 の先端部と排気管 4 2 の先端部との間にある状態では、バルブ 2 8 E を開状態として気体供給装置 2 6 から配管 2 7 E 及び給気管 4 1 を介してワーキング・ディスタンス部に高純度のパージガスを所定の単位時間当たりの流量で供給する。また、排気管 4 2 の先端部は、ほぼそのワーキング・ディスタンス部の側面に配置しておく。これによって、給気管 4 1 から流れ出た高純度のパージガスは、ウエハ W 上の露光部を通過してウエハ W からの脱ガスをからめとってウエハステージ 1 3 の体角方向端部に設置された排気口 1 5 へと導かれる。このように本例では、上記の第 1 及び第 2 の実施の形態のように露光領域の中心（光軸）を中心とした高純度のパージガスのダウンフローではなく、投影光学系 P L の光軸 A X に垂直な方向に層流状のパージガスの流れを実現している点
15 異なる。この際、パージガスを層流状にするのが重要であることは言うまでもない。乱気流の流れになるとパージガスの密度の一様性が確保できなくなり、屈折率分布ができることになる。この結果、露光パターンに対して露光ムラを生じさせる恐れがあるからである。

20 なお、本実施の形態における図 7 では、パージガスの流れをウエハ上の広い領域に対して描いているが、露光領域の中心付近を含む対角線方向のみに沿ってパージガスの流れを起こすだけでも、本発明の効果が得られるのは明らかである。また、本例でも第 2 の実施の形態と同様に、ワーキング・ディスタンス部の間隔が短い場合でも、ウエハ W の露光領域上
25 に高純度のパージガスを供給することができる。

次に、本例において、図 8 に示すように、ウエハステージ 2 3 の端部

(反射面 2 3 x) が給気管 4 1 の先端と排気管 4 2 の先端との間付近に達した場合の動作につき説明する。本例において、ウエハステージ 2 3 上でのパージガス流は層流状の一様な流れを想定しているが、パージガスの流れの末端部がウエハステージ 2 3 の端部に達すると、気流が乱れて乱流状になることが考えられる。このとき、乱れた気流は、外部雰囲気と複雑に混合し、屈折率に変動を及ぼすので、ウエハステージ 2 3 の位置決めを行うレーザ干渉計 4 4 やオートフォーカスセンサの計測値に悪影響を与えることになる。そこで、本例では、レーザ干渉計 4 4 の計測値からウエハステージ 2 3 の端部と露光領域との距離を算出し、図 8 に示すように露光領域がウエハステージ 2 3 の端部に近づいたときに、パージガスの流量又は流路を調整する。これによって、ウエハステージ 2 3 の端部におけるパージガスと外部雰囲気との混合による屈折率の影響を軽減する。

具体的には、露光領域がウエハステージ 2 3 の端部（レーザ干渉計 4 4 のレーザビームの光路）に近付いたときは、パージガスの流量を増加させるとよい。これによって、パージガスがウエハステージ 2 3 の端部からウエハステージ 2 3 の外部へと流れ出したときも、より外乱を受け難くなり、パージガスと外部雰囲気との混合量がより少なくなる。従って、パージガス流の末端部におけるウエハステージ 2 3 の位置決め系やオートフォーカスセンサ系における計測誤差を最小限に抑えることが可能となる。

本例においては、ウエハステージ 2 3 の端部と露光領域との距離に応じて、パージガスの流量を連続的に変化させれば、より一層計測誤差が小さくなることは言うまでもない。

また、そのように流量を変える動作と並行して、又はその動作とは別に図 8 において、スライド装置 4 3 を介して排気管 4 2 の位置を通常の

位置 4 2 A に対して下方にずらすようにしてもよい。このような流路の変更によって、通常よりも広く拡散したパージガスは高い効率で排気管 4 2 に流入し、レーザビーム L B x の光路の揺らぎが少なくなる。

5 なお、このようにパージガスの状態（流量、流路等）を制御する方法は、第 1 の実施の形態、及び第 2 の実施の形態でも有効であることは言うまでもない。

 なお、上記の各実施の形態では、パージガスとしてヘリウム（H e）を想定しているが、窒素（N₂）、又は希ガス（アルゴン（A r）等）などの不活性ガスは何れも真空紫外光の吸収量が小さく、特に F₂ レーザ
10 光に対する吸収量はほとんど無視できるほど小さい。従って、上記の実施の形態において、何れの不活性ガスを用いても、同様に良好な結果が得られることは明らかである。更に、ウエハの外周部を囲む空間の雰囲気
 を、高純度のパージガスと同種のガスで満たし、可能な限り高純度のパージガスに近い不純物濃度を実現すれば、多少の外気の混入があっても
15 もワーキング・ディスタンス部における屈折率の変化量をより少なくすることができる。従って、ウエハ（ウエハステージ）の位置決め用の干渉計やオートフォーカスセンサに与える悪影響を最小限にとどめることができる。

 更に、ウエハ W 上に塗布されたフォトレジストからの吸光物質を含む
20 脱ガスは、フォトレジストの種類や温度等によって量、種類ともに異なる。この場合、フォトレジストからの脱ガスの量、種類を予め調査しておき、フォトレジストによって高純度のパージガスの流量を調整するとよい。具体的には、脱ガス量が少ないときや、脱ガスの種類が比較的
 重くて平均自由行程が短い分子が多くを占める場合は、高純度の
25 パージガスの流量を少量にすることで、フォトレジストからの脱ガスが投影光学系の先端の光学部材に付着しないようにすることが可能となる。

これによって、より確実に吸光物質が排除できる一方で、一般に高価な高純度のパージガスの消費量を必要最小限に抑えることが可能となり、コストダウンも実現できる。

5 また、上記の実施の形態では、ウエハステージ23の上面23aをウエハWの表面とほぼ同一平面としているため、パージガスの流れが一様な層流に近い状態となり、効率よくウエハWからの脱ガスを排除することができる。しかしながら、本発明はウエハステージ23の上面とウエハWの表面との間に段差が有る場合でも有効であることは言うまでもない。

10 また、上記の実施の形態においては、吸光物質を含むガスを光路空間中（特にワーキング・ディスタンス部中）から効率よく排出するものであるが、不純物の発生そのものを低減すると、よりいっそう本発明の効果が得られるのは言うまでもない。つまり、これまでの説明においては、ウエハW上に塗布されたフォトレジストからの脱ガスの排除に主眼を置
15 いているが、フォトレジスト以外から発生する脱ガスも照度低下や照度ムラといった悪影響を及ぼすので、これらの脱ガス物質を根本的に軽減しておくといよい。特に、ここで問題にしている吸光物質の中で、水分子や炭化水素、ハロゲン化合物は注意を要する。水分子は構造材料表面に多くの量が付着しており、それが徐々に構造材料表面から放出され、真空
20 排気時等にパージガスとの相互作用によって徐々にワーキング・ディスタンス部を含む光路（以下、「光路空間」と呼ぶ）中に漏れだしてくることが知られている。また、構造材料の表面状態によって、吸光物質の吸着量が大きく異なることが知られている。

25 例えば、構造材料の表面積が大きいほど、付着している吸光物質の分子数は多くなるので、その表面積が小さくなるように光路空間は微細な構造を持たないように設計するのがよい。また、同様の理由から、機械

研磨、電解研磨、バフ研磨、化学研磨、又はG B B (Glass Bead Blasting) といった方法によって研磨し、構造材料の表面粗さを低減しておくのが好ましい。これらの処理を施した上で、超音波洗浄、クリーンドライエ等の流体の吹き付け、真空加熱脱ガス（ベーキング）などの手法によって、回路パターンの露光前に構造材料表面を洗浄にしておき、
5 構造材料表面からの脱ガス量を低減しておくような工夫をしておくとい

また、光路空間中に存在する電線被覆物質やシール材（Ｏリング等）、
10 接着剤等から、炭化水素、ハロゲン化物等の吸光物質が放出されることも知られている。上記の実施の形態においては、炭化水素やハロゲン化物を含む電線被覆物質やシール材（Ｏリング等）、接着剤等を光路空間中に可能な限り設置しない、又は放出ガスの少ない素材を利用する、などの対処を行い、根本的に吸光物質の発生量を抑制しておけば、前記水分子に対する処理と同様に、本発明の効果がより一層得られることになる。
15

また、上記の実施の形態において、照明光学系を構成する光学素子を照明系チャンバ１内に収納し、その照明系チャンバ１内を不活性ガスでパージする構成を説明したが、照明光学系を構成する光学素子の空間毎に、不活性ガスの供給管及び排気管を設けてパージを行ってもよい。これは投影光学系についても同様である。
20

更に、例えば図１の照明系チャンバ１、レチクル室２、投影光学系ＰＬ、投影光学系ＰＬとウエハＷとの間の空間（ウエハ空間）においては、吸光物質の濃度管理をそれぞれ異なる値で行ってもよい。その際、レチクル室２やウエハ空間では、ステージ等の可動機構を備えているため、
25 照明系チャンバ１及び投影光学系ＰＬにおける吸光物質の濃度よりも低い値で管理してもよい。

また、照明光学系や投影光学系P Lを構成する光学素子の空間毎に吸光物質の濃度管理を行ってもよい。

また、図1において照明系チャンバ1からウエハ操作部7のカバー4を構成する筐体（筒状体等も可）や、ヘリウムガス等を供給する配管は、
5 不純物ガス（脱ガス）の少ない材料、例えばステンレス鋼、四フッ化エチレン、テトラフルオロエチレンーテルフルオロ（アルキルビニルエーテル）、又はテトラフルオロエチレンーヘキサフルオロプロペン共重合体等の各種ポリマーで形成することが望ましい。

更に、各筐体内の駆動機構（レチクルブラインドやステージ等）など
10 に電力を供給するケーブルなども、同様に上述した不純物ガス（脱ガス）の少ない材料で被覆することが望ましい。

なお、本発明は走査露光型の投影露光装置のみならず、一括露光型（ステッパー型）の投影露光装置等にも適用できることは明らかである。
これらに備えられる投影光学系は、上記の実施の形態のような反射屈折系のみならず、屈折系や反射系であってもよい。更に、投影光学系の倍
15 率は縮小倍率のみならず、等倍や拡大であってもよい。

また、本発明は露光ビームとして、A r Fエキシマレーザ光（波長193nm）を使用する場合や、露光ビームとしてK r₂レーザ光（波長146nm）、A r₂レーザ光（波長126nm）、Y A Gレーザ等の
20 高調波、又は半導体レーザの高調波等の波長が200nm～100nm程度の真空紫外光、即ち酸素に対する吸収の大きい波長域の光を使用する場合に特に有効である。

また、エキシマレーザやF₂レーザ等の代わりに、D F B（Distributed feedback：分布帰還型）半導体レーザ又はファイバーレーザから発
25 振される赤外域、又は可視域の単一波長レーザを、例えばエルビウム（E r）（又はエルビウムとイッテルビウム（Y b）との両方）がドー

プされたファイバーアンプで増幅し、非線形光学結晶を用いて紫外光に波長変換した高調波を用いてもよい。

例えば、単一波長レーザの発振波長を $1.544 \sim 1.553 \mu\text{m}$ の範囲内とすると、 $193 \sim 194 \text{ nm}$ の範囲内の8倍高調波、即ちAr Fエキシマレーザとほぼ同一波長となる紫外光が得られ、発振波長を $1.57 \sim 1.58 \mu\text{m}$ の範囲内とすると、 $157 \sim 158 \text{ nm}$ の範囲内の10倍高調波、即ちF₂レーザとほぼ同一波長となる紫外光が得られる。

更に、発振波長を $1.03 \sim 1.12 \mu\text{m}$ の範囲内とすると、発生波長が $147 \sim 160 \text{ nm}$ の範囲内である7倍高調波が出力され、特に発振波長を $1.09 \sim 1.106 \mu\text{m}$ の範囲内とすると、発生波長が $157 \sim 158 \text{ nm}$ の範囲内である7倍高調波、即ちF₂レーザとほぼ同一波長となる紫外光が得られる。この場合の単一波長発振レーザとしては、例えばイッテルビウム・ドープ・ファイバーレーザを用いることができる。

また、上記の実施の形態の投影露光装置は、照明光学系や投影光学系の調整を行うと共に、各構成要素を、電氣的、機械的又は光学的に連結して組み上げられる。より具体的に、図1の投影露光装置においては、投影光学系PLを構成する上述の各光学部材の位置調整を行って投影光学系PLを組み上げて、その像面側（ウエハ側）の先端部にパージガイド板33を取り付けた後、投影光学系PLとパージガイド板33との間に側面からパージガスを供給する機構を装着すればよい。これによって効率的にその投影露光装置を製造することができる。また、図6の投影露光装置においては、投影光学系PL及びウエハステージ23を所定の位置関係で配置して、投影光学系PLとウエハステージ23との間に側面方向からパージガスを供給する機構を配置した後、ウエハステージ23の位置に応じてそのパージガスの流れの状態を制御するスライド装置

4 3等を配置すればよい。これらの場合の作業は温度管理が行われたクリーンルーム内で行うことが望ましい。

そして、上記のように露光が行われたウエハWが、現像工程、パターン形成工程、ボンディング工程、パッケージング等を経ることによって、
5 半導体素子等のデバイスが製造される。更に、本発明は液晶表示素子やプラズマディスプレイ素子等の表示素子、又は薄膜磁気ディスク等のデバイスを製造する際にも適用することができる。また、投影露光装置用のフォトリソマスクを製造する際にも本発明を適用することができる。

10 なお、本発明は上述の実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得ることは勿論である。

産業上の利用の可能性

本発明の第1の露光方法では、投影光学系の露光対象の基板（第2物体）側の先端部とその基板との空間（ワーキング・ディスタンス部）中に視野中心部に開口を有するガイド部材を設けるか、その先端部の光学部材の中央に形成された開口から基板側に向けて露光ビームを透過する
15 気体のダウンプローを引き起こすことによって、露光対象の基板と投影光学系との間に露光ビームを透過する気体を容易に供給できる利点がある。従って、露光対象の基板上での露光ビームの強度を高く維持できる。

20 また、その気体を流すことによって、その基板からの脱ガスが投影光学系の先端の光学部材に付着して露光ビームの照度低下を引き起こす現象や脱ガスの吸光による照度低下を低減することが可能となる。更に、効率よくその基板からの脱ガスを排出することで、露光ビームの一様性をより高めることができ、露光に十分な光量を露光面上に到達させること
25 とができ、露光された回路パターンの線幅一様性が高めることができると共に、電子デバイスの製造速度（スループット）をより高めることが

できる。

また、本発明の第2の露光方法では、投影光学系の先端の光学部材の任意の方向から露光対象の基板（第2物体）上に、露光ビームを透過する気体を層流状に流すと共に、ステージの位置に応じてその流れの状態を制御することによって、ステージの位置決め精度の低下が防止できる。

また、本発明の露光装置によれば、本発明の露光方法を実施することができ、本発明のデバイスの製造方法によれば、高いスループットで高機能のデバイスを製造することができる。

10

15

20

25

請 求 の 範 囲

1. 第1物体のパターンを通過した露光ビームで投影光学系を介して第2物体を露光する露光方法において、
 - 5 前記投影光学系の先端部又は内部から前記第2物体上の露光領域に向けて、前記露光ビームが透過する気体を供給することを特徴とする露光方法。
 2. 前記露光領域から前記露光ビームが透過する気体を吸引することを特徴とする請求の範囲1記載の露光方法。
 - 10 3. 前記露光ビームの光路に向けて前記露光ビームが透過する気体を供給する供給路と、前記露光ビームの光路から前記気体を排気する排気路とを、前記投影光学系の先端部と前記第2物体との間に設定することを特徴とする請求の範囲2記載の露光方法。
 4. 第1物体のパターンを通過した露光ビームで投影光学系を介して第2物体を露光する露光方法において、
 - 15 前記投影光学系と前記第2物体との間に前記露光ビームが透過する気体を供給すると共に、
前記第2物体を位置決めするステージの位置に応じて前記気体の流れの状態を制御することを特徴とする露光方法。
 - 20 5. 前記第2物体上の露光領域が前記ステージの端部に設定されたときに、前記気体の流量を増やすことを特徴とする請求の範囲4記載の露光方法。
 6. 第1物体のパターンを通過した露光ビームで投影光学系を介して第2物体を露光する露光装置において、
 - 25 前記第2物体と前記投影光学系との間に配置されて前記投影光学系を通過した露光ビームを通過させる開口部を備えたガイド部材と、

前記ガイド部材の前記開口部を通して前記第2物体側に向けて前記露光ビームが透過する気体を供給する気体供給装置とを有することを特徴とする露光装置。

7. 前記ガイド部材と前記第2物体の表面との間を流れる前記気体を前記第2物体の外周部側に吸引する気体吸引装置を設けたことを特徴とする請求の範囲6記載の露光装置。

8. 前記ガイド部材は、前記投影光学系の最も前記第2物体側の光学部材で兼用されることを特徴とする請求の範囲6又は7記載の露光装置。

9. 前記第2物体を位置決めするためのステージを備え、
10 該ステージの上面の高さは前記第2物体の表面と実質的に同じ高さであることを特徴とする請求の範囲6、7、又は8記載の露光装置。

10. 第1物体のパターンを通過した露光ビームで投影光学系を介して第2物体を露光する露光装置において、

前記第2物体を位置決めするステージと、

15 前記投影光学系と前記第2物体との間に前記露光ビームが透過する気体を供給する気体供給装置と、

前記ステージの位置に応じて前記気体供給装置による前記気体の流れの状態を制御する制御装置とを有することを特徴とする露光装置。

20 11. 前記第2物体を位置決めするためのステージの上面の高さは前記第2物体の表面と実質的に同じ高さであることを特徴とする請求の範囲10記載の露光装置。

12. 前記露光ビームは、酸素に対する吸収の大きい波長域の光であり、前記気体は化学的に不活性で不純物が除去された気体であることを特徴とする請求の範囲6～11の何れか一項記載の露光装置。

25 13. 第1物体のパターンを通過した露光ビームで投影光学系を介して

第2物体を露光する露光装置の製造方法において、

前記投影光学系を配置し、

前記投影光学系の前記第2物体側の端部に前記投影光学系を通過した露光ビームを通過させる開口部を備えたガイド部材を配置し、

- 5 前記ガイド部材の前記開口部を通して前記第2物体側に向けて前記露光ビームが透過する気体を供給する気体供給装置を配置することを特徴とする露光装置の製造方法。

14. 第1物体のパターンを通過した露光ビームで投影光学系を介して第2物体を露光する露光装置の製造方法において、

- 10 前記投影光学系及び前記第2物体を位置決めするステージを配置し、
前記投影光学系と前記第2物体との間に前記露光ビームが透過する気体を供給する気体供給装置を配置し、

前記ステージの位置に応じて前記気体供給装置による前記気体の流れの状態を制御する制御装置を配置する

- 15 ことを特徴とする露光装置の製造方法。

15. 請求の範囲1～5の何れか一項記載の露光方法を用いてデバイスパターンをワークピース上に転写する工程を含むデバイス製造方法。

図 1

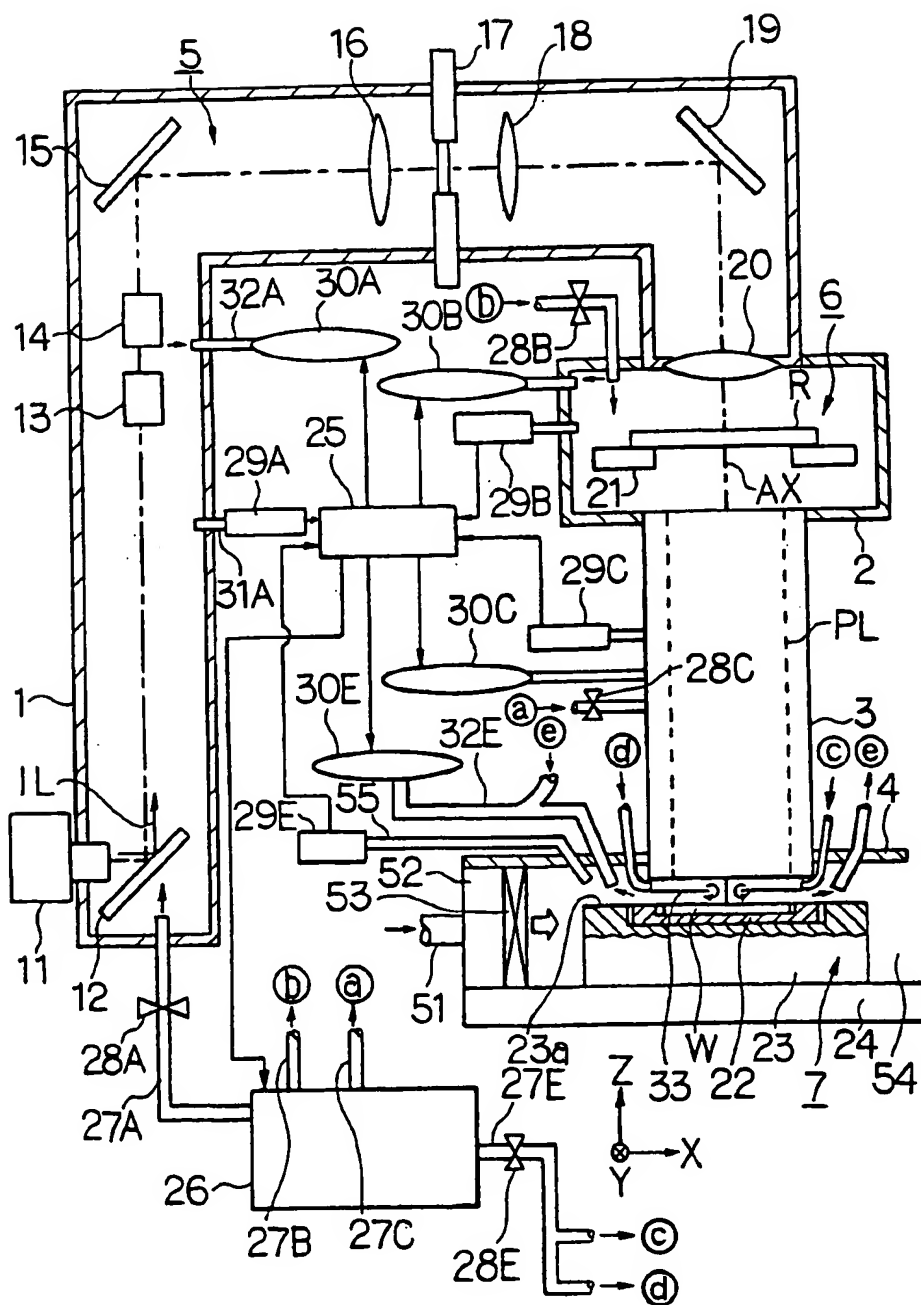


図 2

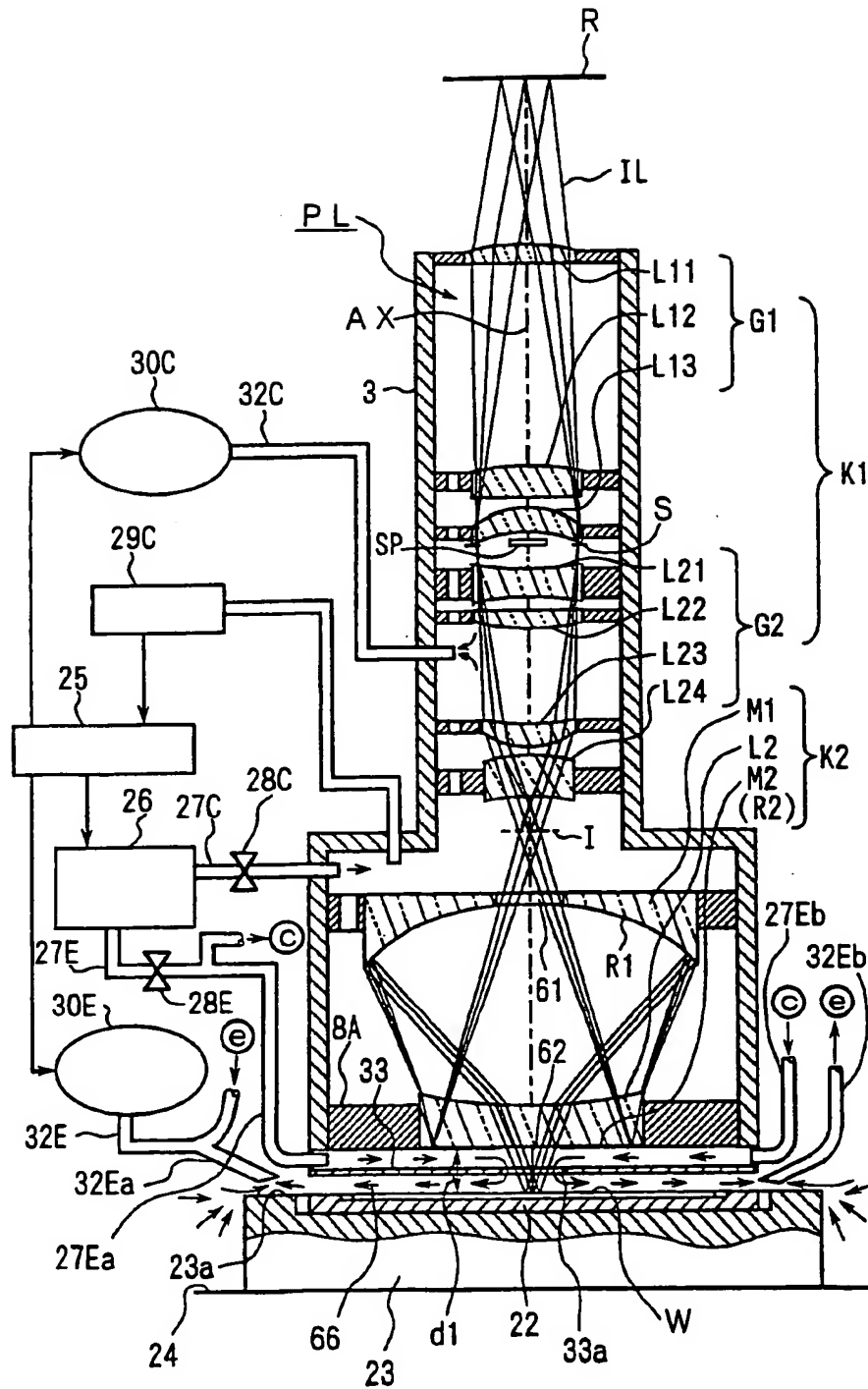


図 3

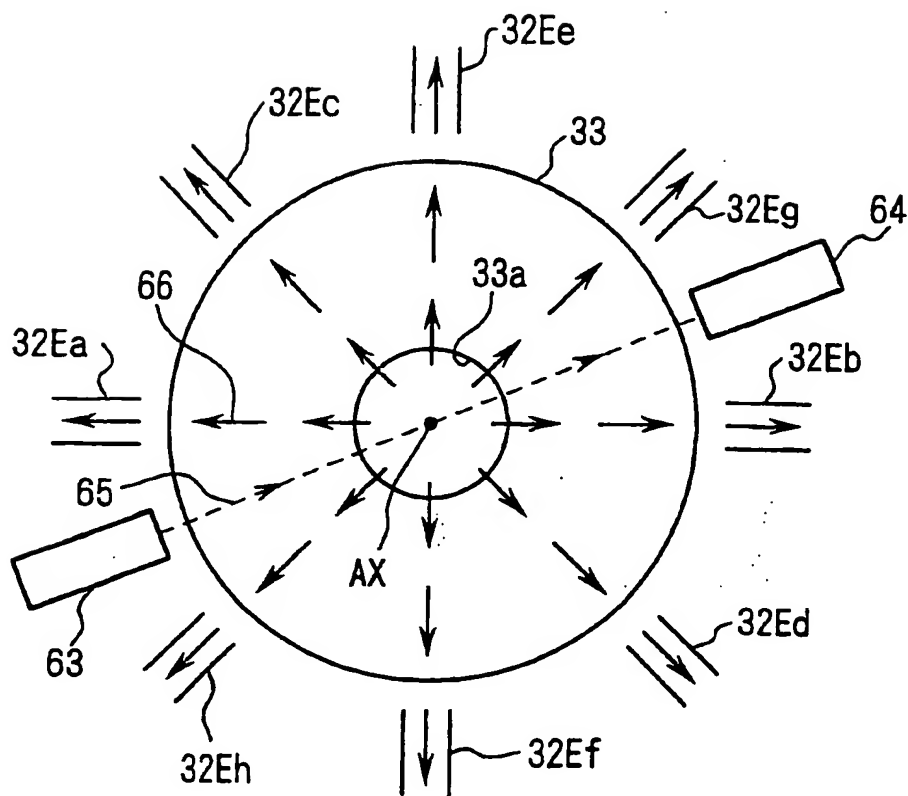


図 4

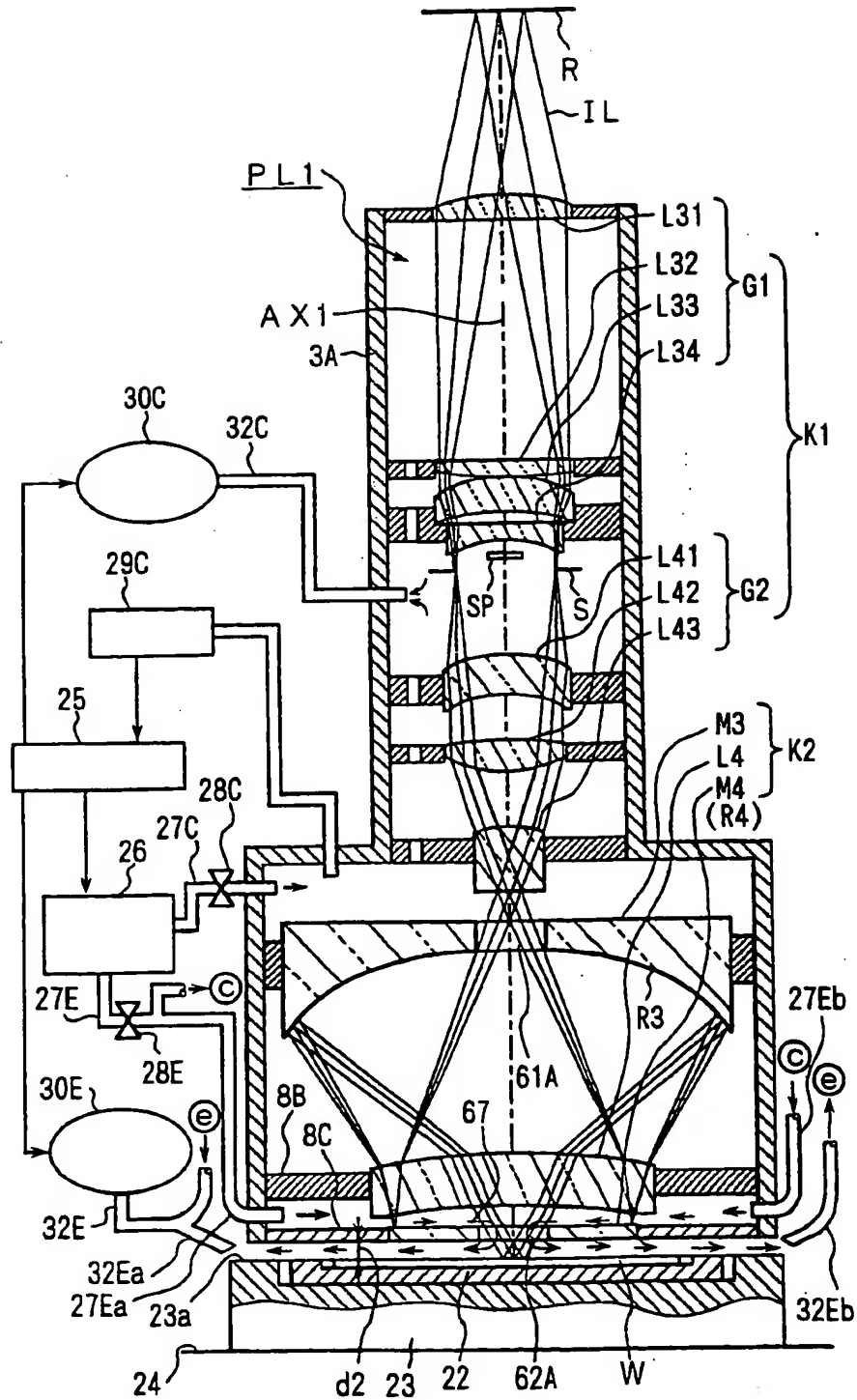
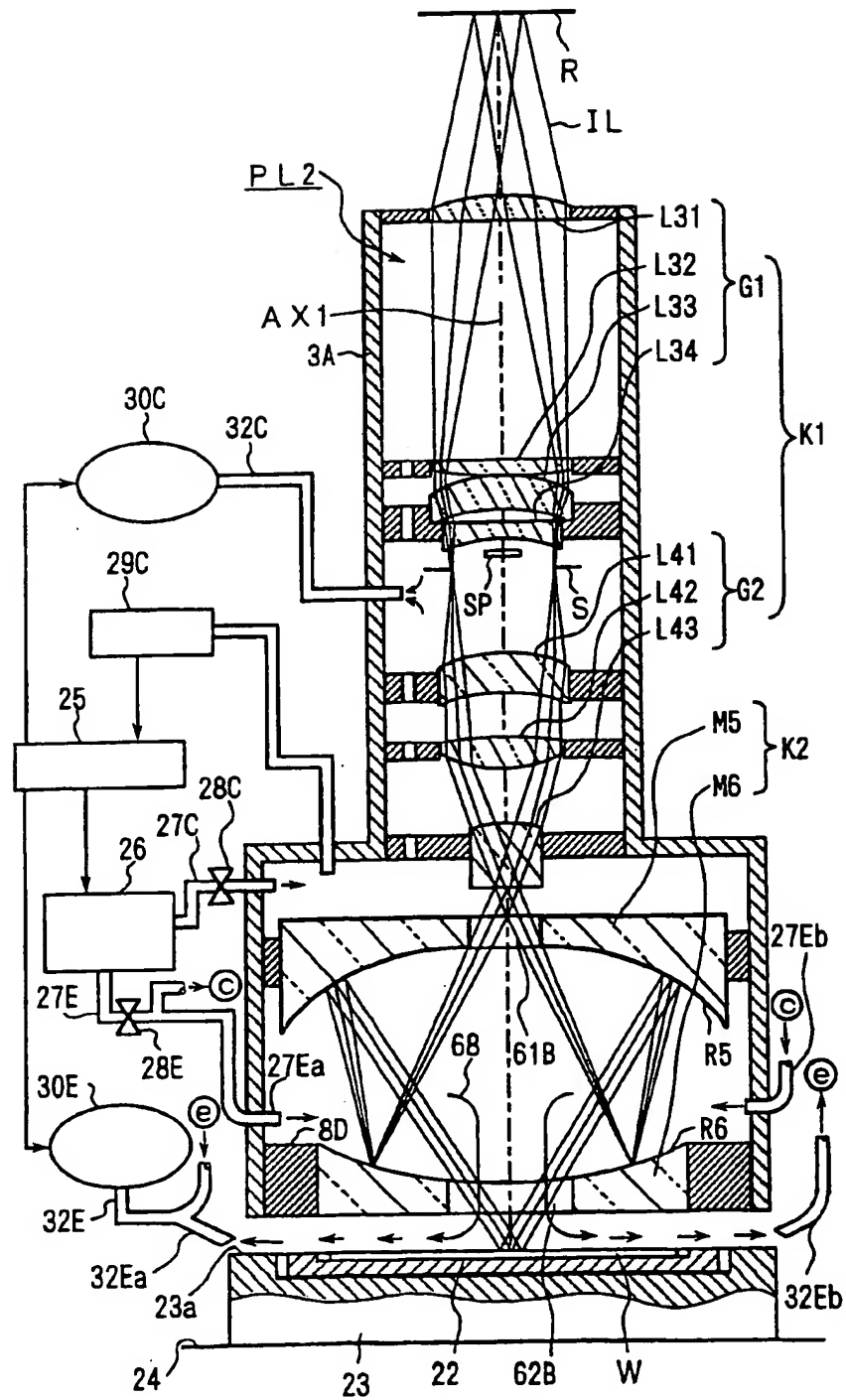


図 5



6/8

図 6

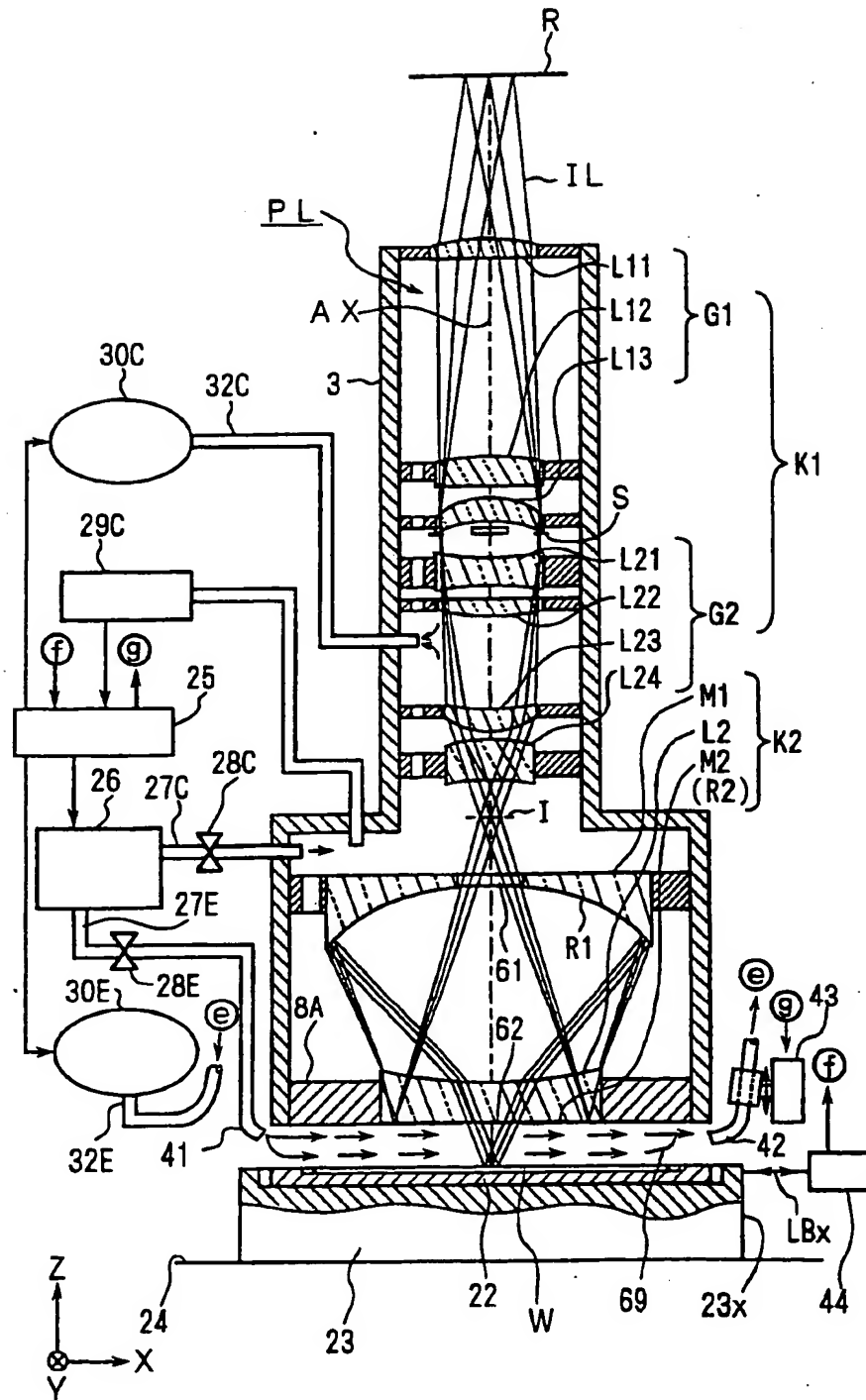


図 7

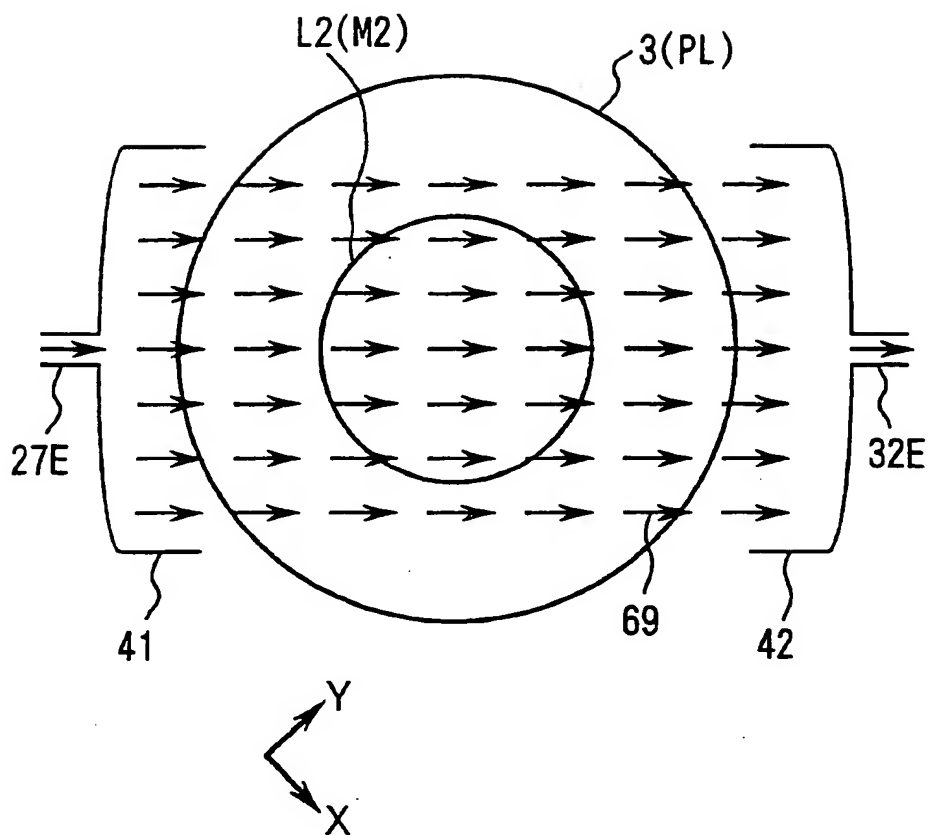


図 8

